UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Sede Medellín
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS
Biblioteca Facultad de Minas

PROGRAMOTECA BASICA DEL DISEÑADOR ESTRUCTURAL

HERNAN DARIO CANO GOMEZ

Monografia presentada como trabajo final, requisito parcial para optar al tfitulo de Especialista en Estructuras

Director: Gonzalo Alberto Jiménez Cálad M.S.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLIN

FACULTAD NACIONAL DE MINAS

MEDELLIN

1.997
UNAL-Medellín
6 4000 00037136 2

7
1311
1997

DEDICATORIA

A papá y a mamá

A Luz Stella, mi esposa por su apoyo

A Simón y Elisa, mis hijos, que con su alegría y ternura estimulan mi vida.

CB 371362

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

GONZALO ALBERTO JIMENEZ. Ingeniero Civil M. Sc. Director del proyecto

LA UNIVERSIDAD NACIONAL, por haberme permitido estudiar en sus aulas

MIS PROFESORES Y COMPAÑEROS DE ESTUDIO, por su estímulo

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCION	1
1. TEOREMA DE LOS TRES MOMENTOS	2
2. CIMIENTOS	6
3. DISEÑO A FLEXION	13
4. DISEÑO POR CORTANTE Y FLEXO-COMPRESION	18
5. MAMPOSTERIA	19
6. PROGRAMA KANI	23
7. PROGRAMA OPTIMA	24
ANEXOS	25
ANEXO A EJEMPLOS Y MANUAL DE USUARIO	26
A1. EJEMPLO 1. PROGRAMA VIGAS	26
A2. EJEMPLO 2 PROGRAMA CIMIENTO	30
A3. EJEMPLO 3. PROGRAMA FLEXION	33
A4. EJEMPLO 4. PROGRAMA CORTANTE	35
A5. EJEMPLO 5. PROGRAMA COLUMNA	38
A6. EJEMPLO 6. PROGRAMA MAMPOS	39
A7. EJEMPLO 7. PROGRAMA KANI	43
A8. EJEMPLO 8. PROGRAMA OPTIMA	51

ANEXOS B LISTADOS DE PROGRAMAS 58

B1. LISTADO DEL PROGRAMA "VIGAS" 58

B2. LISTADO DEL PROGRAMA "CIMIENTO" 64

B3. LISTADO DEL PROGRAMA "FLEXION" 67

B4. LISTADO DEL PROGRAMA "CORTANTE" 68

B5. LISTADO DEL PROGRAMA "COLUMNA" 72

B6. LISTADO DEL PROGRAMA "MAMPOS" 75

B7. LISTADO DEL PROGRAMA "KANI" 78

B8. LISTADO DEL PROGRAMA ÓPTIMA 93

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1.	Elástica de viga simple	2
FIGURA 2.	Superposición de efectos vigacontinua	4
FIGURA 3.	Zapata aislada – Secciones criticas	6
FIGURA 4.	Falla por punzamiento	8
FIGURA 5.	Zapatas ligadas	9
FIGURA 6.	Diagrama de cuerpo libre – Zapatas ligadas	9
FIGURA 7.	Cargas en la viga de enlace	12
FIGURA 8.	Deformaciones y tensiones por flexión	13
FIGURA 9.	Modelo del muro para el cálculo de la rigidez lateral	20
FIGURA 10.	Ejemplo viga continua	26
FIGURA 16.	Tipos de carga en la viga	26

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, con el desarrollo de las computadoras personales, han salido al mercado muchos programas de análisis y diseño estructural, que facilitan estas labores al ingeniero pero de igual modo, requieren muchos datos de entrada para un problema particular y entregan demasiada información innecesaria en muchos casos, lo que hace que se incrementen los errores en la entrada de datos y la interpretación de la salida.

Lo que se pretende con los programas aquí descritos, es llamar la atención de los diseñadores sobre los métodos elementales en el análisis de los dos tipos de estructuras más simples que día a día diseña como son el teorema de los tres momentos, aplicable a vigas continuas, y el "método de Kani" con desplazamientos aplicable a pórticos planos.

Es importante explicar que el modelo de pórticos planos sigue teniendo vigencia, a pesar de los programas para modelo tridimensional, porque no hay gran diferencia en los resultados, sobre todo si la estructura es geométricamente regular.

Se presentan también otros programas útiles para el diseño como
El programa "CIMENTOS" el cual permite diseñar zapatas aisladas y ligadas.

Adicionalmente los programas para diseñar secciones a flexión, cortante directo y cortante por torsión y columnas con flexión biaxial.

Por último se incluye el programa OPTIMA que no es para diseño, pero es útil a la hora de costear el proyecto, pues permite el cálculo rápido de la cantidad de acero de refuerzo y tabula la forma de cortarlo para disminuir el despunte.

1. TEOREMA DE LOS TRES MOMENTOS O DE CLAPEYRON

Antes de deducir este teorema es conveniente calcular la tangente a la elástica en los apoyos de una viga simple, por los teoremas de área momento.

La Figura 1a muestra una viga simple sometida a cualquier función de carga y

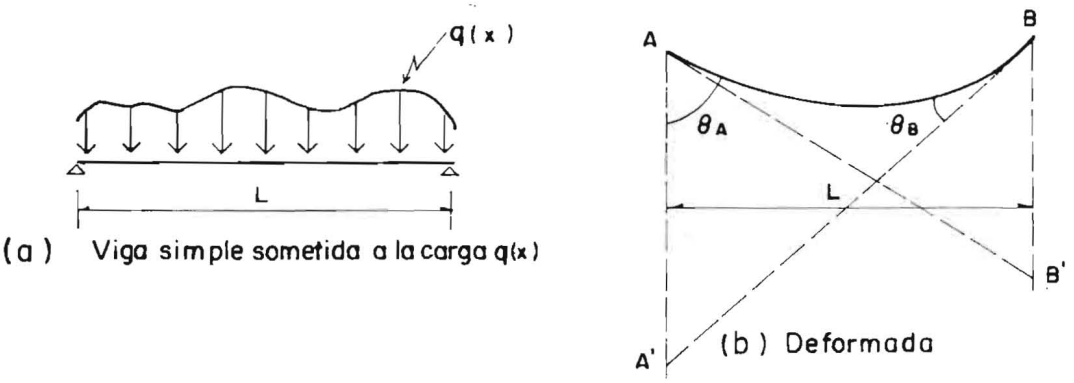

Figura 1

Elástica de viga simple

Las figuras 1b, 1c presentan su elástica y el diagrama de momentos flectores respectivamente.

En la figura 1c, A es el área bajo la curva de momentos flectores, a y b es la posición del centroide calculada desde el apoyo izquierdo y desde el apoyo derecho respectivamente.

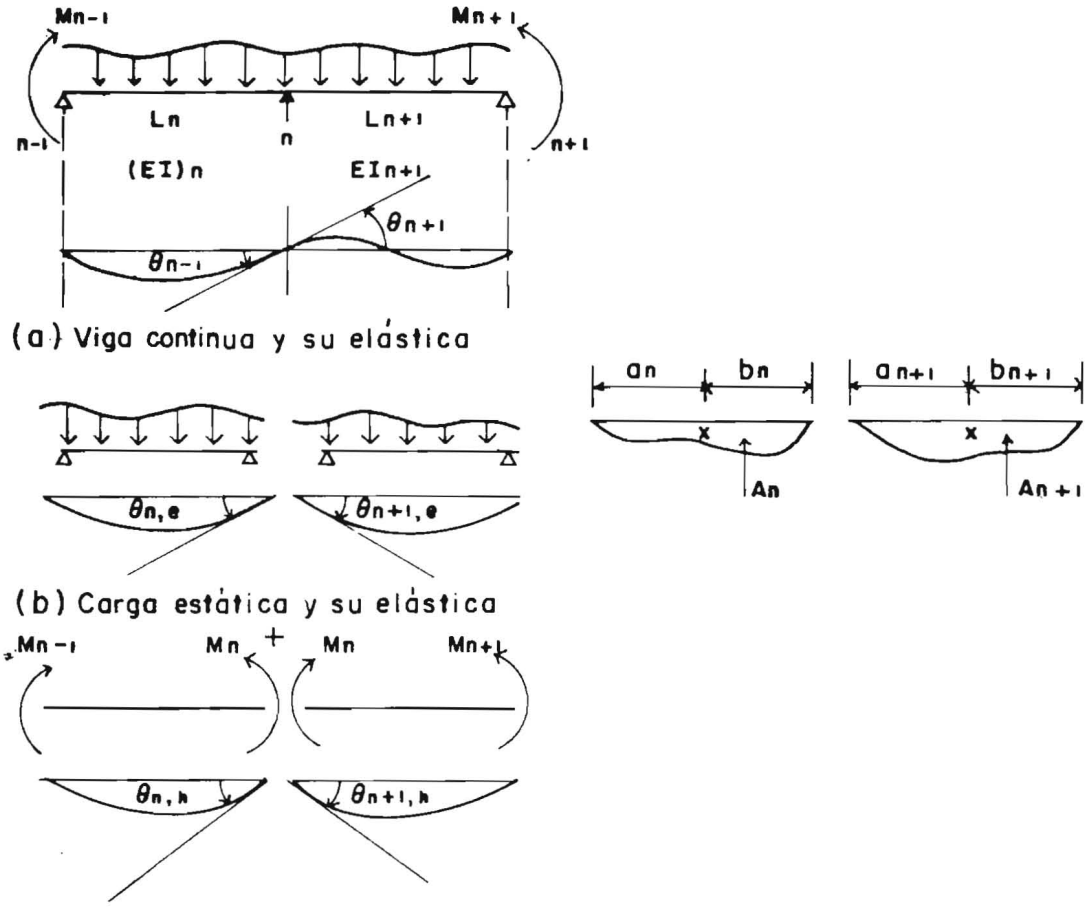

Figura 2

Superposición de efectos, viga continua

$$\theta_{n,e}= \frac{An,an}{(EI)nLn} \qquad \theta_{n+1,e}= \frac{An+1,bn-1}{(EI)n+1\ Ln+1} \tag{7}$$

$$\theta_{n,h}= \frac{MnLn}{3(EI)n} + \frac{Mn-1,Ln}{6(EI)n} \tag{8}$$

$$\theta_{n+1,h}= \frac{MnLn+1}{3(EI)n+1} + \frac{Mn+1,Ln+1}{6(EI)n+1}$$

finalmente, reemplazando, reduciendo y ordenando términos, queda:

Por el segundo teorema de áreas-momentos tenemos:

$$B\,B' = -\frac{\left[M_A\right]_A^B}{EI} \qquad AA' = \frac{\left[M_B\right]_A^B}{EI} \tag{1}$$

Mi Momento estático con respecto a i del diagrama de momentos entre i y j.

Además

$$\theta_i = \frac{BB'}{L} \qquad \theta_j = \frac{AA'}{L} \tag{2}$$

reemplazando los términos,

$$\theta_i = \frac{Ab}{EIL} \qquad \theta_j = \frac{Aa}{EIL} \tag{3}$$

Considere ahora una viga continua, de la cual se toman los dos tramos adyacentes al apoyo n como se muestra en la Figura 2a, donde se muestra la carga y la elástica.

Aplicando el principio de superposición, se puede descomponer el estado de carga de cada tramo de viga en la carga estática, Figura 2b más la carga hiperestática, Figura 2c.

De las figuras de deformación, se tiene:

Por la continuidad en el apoyo n,

$$\theta_n = \theta_{n+1} \tag{4}$$

$$\theta_n = \theta_{n,e} + \theta_{n,h} \tag{5}$$

$$\theta_{n+1} = -(\theta_{n+1,e} + \theta_{n+1,h}) \tag{6}$$

$$\frac{Ln}{(EI)n} Mn + 2\left[\frac{Ln}{(EI)n} + \frac{Ln+1}{(EI)n+1}\right] Mn + \frac{Ln+1}{(EI)n+1} Mn+1$$

$$= -\frac{6An\ an}{(EI)nLn} - \frac{6An+1\ bn+1}{(EI)n+1\ Ln+1} \qquad (9)$$

La ecuación (9) es el teorema de tres momentos o teorema de CLAPEYRON.

Por cada apoyo interior se plantea una ecuación, donde hay tres incógnitas, resultando un sistema de N - 2 ecuaciones (Número de apoyos menos los dos extremos) con N - 2 incógnitas (en los extremos los momentos son conocidos).

Los términos de la derecha se llaman los términos de carga.

Al plantear todas las ecuaciones, a la izquierda resulta una matriz bandeada con la diagonal principal y los términos inmediatamente a la izquierda y a la derecha distintos de cero y todos los demás son nulos y su solución por el método de Jordan-Gauss es muy sencilla.

En el Anexo 1 se incluye el programa VIGAS cuyo algoritmo es el teorema de tres momentos.

2. CIMIENTOS

En el diseño de zapatas, es común hacerlas cuadradas, pues si se hacen rectangulares, aumenta la longitud de los voladizos y por tanto los esfuerzos críticos.

En la Figura 3, se muestra una zapata aislada y las secciones críticas para diseño.

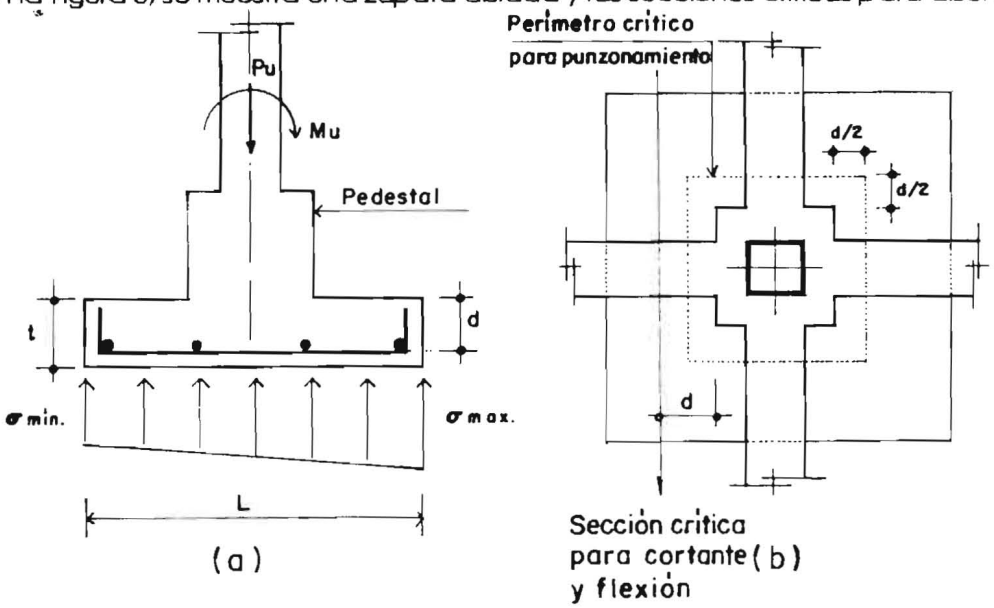

Figura 3
Zapata aislada. Secciones críticas

Pu y Mu son la fuerza axial y el momento flector de la columna, respectivamente.

σ mín, σ máx : Son las presiones de contacto mínima y máxima.

L, t, son las dimensiones de la zapata.

Si la excentricidad e1=Mu/Pu es pequeña, comparada con el lado de la zapata, la carga se puede considerar como concéntrica, y el esfuerzo en el suelo σ es constante.

Para cargas concéntricas, se analizan tres esfuerzos principales:

1. Cizalladura lineal. Es el esfuerzo que trata de cizallar la zapata como viga.

La sección crítica para cortante, se encuentra en la cara del pedestal y se prolonga en todo el ancho de la zapata (figura 3b).

La norma permite tomar para el diseño, el cortante calculado a la distancia d de la cara del pedestal.

Así, la cizalladura de diseño es

$$Vu = \sigma_U \; L \left[\frac{L}{2} - \frac{c}{2} - d \right] \qquad (10)$$

Y el esfuerzo σ_U debe cumplir,

$$\sigma_U = \frac{Vu}{Ld} \leq \phi \, 0.53\sqrt{f'c} \qquad (11)$$

con f'c en kgf/cm².

$$\phi = 0.85$$

2. Acción en dos direcciones. Punzonamiento.

Como se muestra en la Figura 4, el punzonamiento da lugar a una falla en superficie semejante a un tronco de pirámide. El Prisma equivalente de lado en la cara inferior c + d, soporta una carga de comprensión Pu y una fuerza de reacción hacia arriba,

$$Fv = \sigma_U (c+d)^2 \qquad (12)$$

Así la fuerza de punzonamiento es

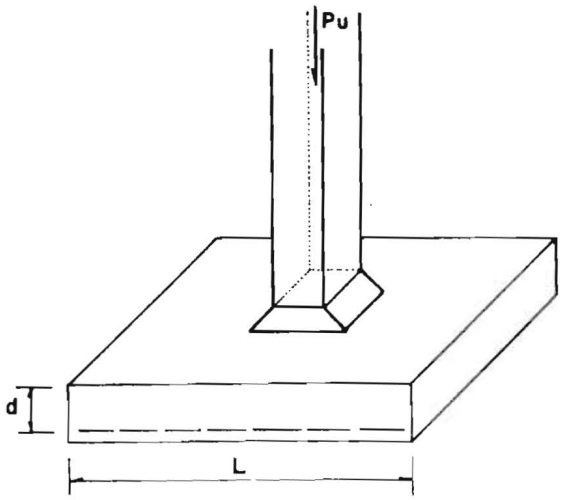

Figura 4

Falla por punzonamiento

$$Vup = Pu - \sigma_U (c+d)^2 \qquad (13)$$

y el esfuerzo de punzonamiento υ_{up}, debe cumplir que

$$\upsilon_{up} = \frac{Vup}{4(c+d)d} < \phi\, 1.1 \sqrt{f'c} \qquad (14)$$

con f'c en kgf/cm²

3. Flexión.

La sección crítica, pasa por la cara del pedestal, y el momento de diseño es entonces,

$$Mu = \frac{1}{2} \sigma_U L \left[\frac{L}{2} - \frac{c}{2}\right]^2 \qquad (15)$$

ZAPATAS LIGADAS

Cuando una columna está situada en el límite de la propiedad, conviene "ligarla" a una columna central por medio de una viga rígida, de tal manera que esta transmita un momento para evitar el vuelco de la columna medianera y que las presiones bajo ella sean uniformes. En las figura 5 y 6, se muestra en planta como se ...

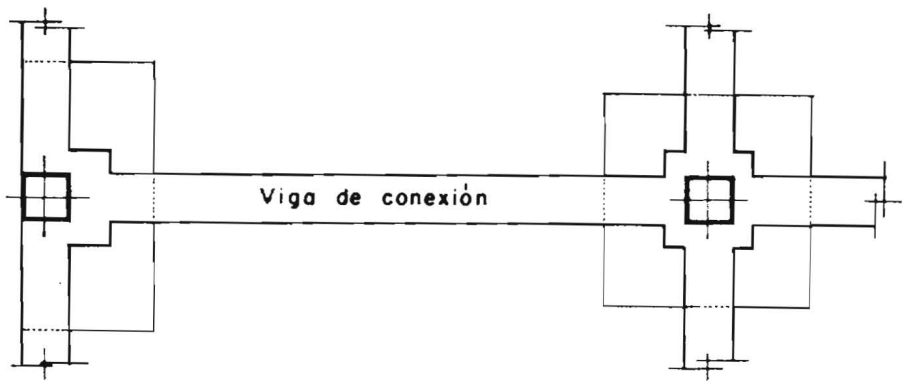

FIGURA 5

ZAPATAS LIGADAS

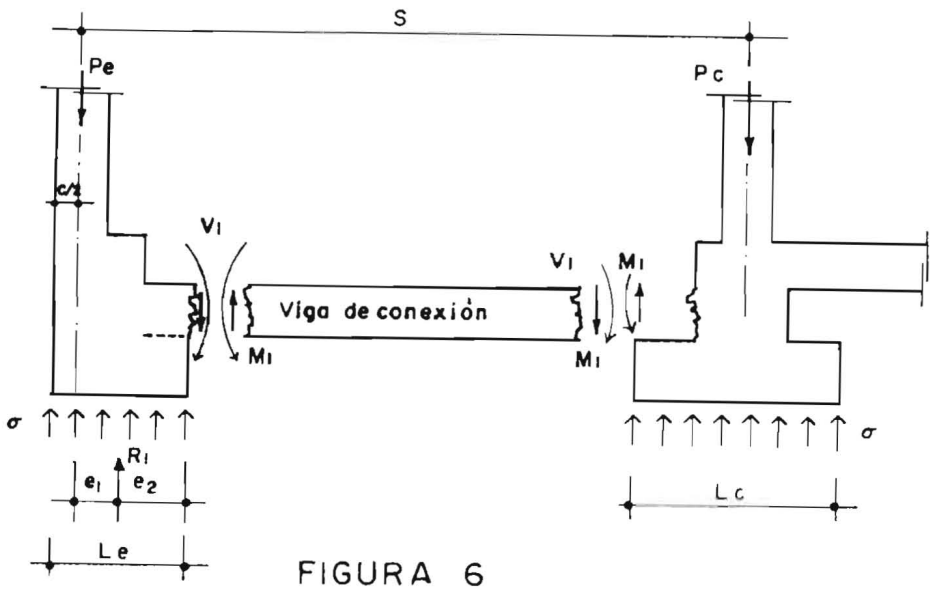

FIGURA 6

Diagrama de cuerpo libre. zapatas ligadas.

ligan los elementos y los diagramas de cuerpo libre de cada uno.

El sistema consiste de una viga medianera, normalmente rectangular, una viga de conexión y una zapata central.